

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-301722

(43)Date of publication of application : 14.11.1995

(51)Int.Cl.

G02B 6/28

(21)Application number : 07-131199

(71)Applicant : CORNING INC

(22)Date of filing : 02.05.1995

(72)Inventor : WEIDMAN DAVID L  
YOUNG JR DONALD R

(30)Priority

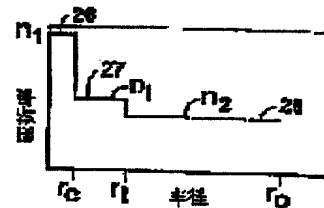
Priority number : 94 238384 Priority date : 05.05.1994 Priority country : US

## (54) FIBER OPTIC COUPLER

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a fiber optic coupler of a small excess loss.

**CONSTITUTION:** This coupler comprises a plurality of single mode optical fibers and each of the optical fibers is provided with a taper so as to form a small diameter part to form a combining area by extending in a continuous relationship with the small diameter part of the fiber. Each of the fibers are provided with a core and a clad provided with a refractive index lower than that of this core and surrounding the core. At least one of the fiber is provided with a refractive index pedestal of a refractive index  $n_i$  between the core and the clad and  $n_1$  and  $n_2$  are respective set to be refractive indexes of the core and the clad to make  $n_1 > n_i > n_2$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 14.09.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3689872

[Date of registration] 24.06.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-026749

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-301722

(43) 公開日 平成7年(1995)11月14日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 2 B 6/28			G 0 2 B 6/28	W

審査請求 未請求 請求項の数10 FD (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-131199

(22) 出願日 平成7年(1995)5月2日

(31) 優先権主張番号 238384

(32) 優先日 1994年5月5日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390037903

コーニング インコーポレイテッド  
CORNING INCORPORATED

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 コーニング (番地なし)

(72) 発明者 デイビッド リー ワイドマン

アメリカ合衆国 ニューヨーク州14830、コーニング、アッパー ドライブ 17

(72) 発明者 ドナルド レイ ヤング ジュニア

アメリカ合衆国 ニューヨーク州14830、コーニング、モアクレスト 255エイ

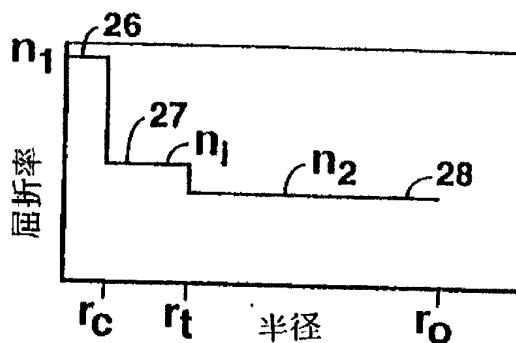
(74) 代理人 弁理士 山元 俊仁

(54) 【発明の名称】 ファイバオプティックカブラ

(57) 【要約】

【目的】 過剰損失の小さいファイバオプティックカブラを提供すること。

【構成】 このカブラは複数のシングルモード光ファイバよりなり、それらの光ファイバのそれぞれが小径部分を形成するようにテーパをつけられ、そしてたのファイバの小径部分と連続した関係で延長して結合領域を形成している。それらのファイバのそれぞれはコアと、このコアの屈折率より低い屈折率を有してそのコアを包囲したクラッドを有している。ファイバのうちの少なくとも1本が前記コアとクラッドの間に屈折率 $n_1$ の屈折率ペDESTALを有しており、 $n_1$ および $n_2$ がそれぞれコアおよびクラッドの屈折率であるとして、 $n_1 > n_1 > n_2$ となされている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれ双円錐状テーパ部分を有する複数のシングルモード光ファイバよりなり、前記光ファイバのテーパ部分が連続した関係で延長して結合領域を形成し、前記光ファイバのそれぞれがコアと、このコアの屈折率より低い屈折率を有してコアを包囲したクラッドを具備しており、前記光ファイバのうち少なくとも1本が前記コアとクラッドの間に最大屈折率 $n_1$ を有し、 $n_1$ が前記少なくとも1本の光ファイバのコアの屈折率であり、そして $n_2$ が前記少なくとも1本の光ファイバのクラッドの屈折率であるとして、 $n_1 > n_2 > n_3$ であるようになされたファイバオプティックカブラ。

【請求項2】 ペDESTALの最大半径が $25\mu\text{m}$ であり、ペDESTALの半径が $20\mu\text{m}$ と $25\mu\text{m}$ の間にある請求項1のファイバオプティックカブラ。

【請求項3】 前記少なくとも1本の光ファイバが塩素を含んでおり、前記少なくとも1本の光ファイバのペDESTAL中の塩素の量がその光ファイバのクラッド中の塩素の量より多くなされた請求項1または2のファイバオプティックカブラ。

【請求項4】 前記少なくとも1本の光ファイバのコアがシリカと屈折率増加ドーパントを含んでおり、前記コアおよび前記ペDESTALがシリカと屈折率増加ドーパントを含んでいる請求項1、2または3のファイバオプティックカブラ。

【請求項5】 前記コアと前記ペDESTALが同じ屈折率増加ドーパントを含んでおり、前記コアと前記ペDESTALが異なる屈折率増加ドーパントを含んでいる請求項4のファイバオプティックカブラ。

【請求項6】 前記少なくとも1本の光ファイバのクラッドがその屈折率を $n_1$ より低い値まで低下させるのに十分な量の屈折率増加ドーパントを含んでいる請求項1のファイバオプティックカブラ。

【請求項7】 前記複数の光ファイバが同一であり、あるいは前記少なくとも1本の光ファイバが前記複数の光ファイバの残りとは異なるものである請求項1のファイバオプティックカブラ。

【請求項8】 前記複数の光ファイバのそれぞれが前記コアとクラッドの間に屈折率ペDESTALを有しており、そのペDESTALの屈折率はファイバのクラッドの屈折率より大きくかつファイバのコアの屈折率より小さい請求項1のファイバオプティックカブラ。

【請求項9】 前記カブラの結合領域が2つの端部領域と中間領域を有する細長いマトリクスガラス体によって包囲されており、前記光ファイバが前記体内を長手方向に延長しかつ前記体の中間領域と一緒に互いに融着され、前記中間領域の中央部分の直径が前記端部領域の直径より小さく、前記中間領域の前記中央部分が前記結合領域を形成している請求項1のファイバオプティックカブラ。

【請求項10】  $\Delta_{\text{pedestal}}$ が0.15%より小さく、 $\Delta_{\text{pedestal}}$ が $(n_1^2 - n_2^2)/n_1^2$ に等しい請求項1のファイバオプティックカブラ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はファイバオプティックカブラ (fiber optic couplers) に関し、さらに詳細には低い値の非断熱テーパ誘起過剰損失 (nonadiabatic-taper-induced excess loss) を呈示するカブラに関する。

10 本発明は機能または物理的構成に関係なくファイバオプティックカブラに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 本発明が適用される種々のカブラ機能としては、色消し (achromatic)、波長分割多重化、信号タッピング (signal tapping)、スイッチング等がある。種々の構成の例としては、(a) 複数の同一長の光ファイバを加熱しかつ延伸してそれらの不光ファイバを融着させかつそれらにテーパを付けることによって作成された融着双円錐テーパカブラ、(b) 複数の光ファイバをチューブに挿入し、そのチューブをファイバに対してコラプス (collapse) させ、その後でチューブの中間領域を延伸することによって作成されたオーバークラッドカブラ、(c) 複数の光ファイバの加熱しそして延伸してそれらの光ファイバにテーパを付け、その後でファイバの延伸された領域を互いに隣接して配置して、必要に応じてクラッドの部分がエッチング、研磨等によって除去された結合領域を形成することによって作成された同一長のファイバカブラがある。これら種々のカブラでは、結合領域はカブラファイバクラッドの屈折率より低い屈折率 $n_3$ を有する媒体で包囲されている。この媒体は空気、ガラス、プラスチック等よりなるものでありうる。

【0003】 ファイバオプティックカブラの光学的性能についての要求が厳しくなるにつれて、過剰損失源を除去する必要性がますます重要になる。このような損失源の1つが非断熱的テーパ誘起過剰損失であり、これがある種のカブラでは主たる損失源となりうる。

【0004】 ファイバオプティックカブラのテーパ領域では、基本モードは変化する局所的屈折率プロファイルに適合するように連続的に変化する形状である。幾何学形状の変化率が大きすぎると、基本モードがカブラ屈折率構造のより高次のモードに結合するおそれがある。この機構は非断熱モード結合 (nonadiabatic mode coupling) と呼ばれる。カブラが「シングルモード」カブラと呼ばれる場合には、それは実際には入力および出力ファイバが基本 $LP_{01}$ モードの低損失伝播を支持するにすぎないことを意味する。カブラは典型的には幾つかの束縛された伝播モードを支持することができる。しかし、これらのモードのうちの幾つがテーパ時のある時点でカット  
50 オフして、潜在的なカブラ出力として失われる放射モー

ドにそれらの光パワーを結合して、過剰損失を生ずることになりうる。カットオフしない他の高次モードが出力ファイバの高次モードにそれらのパワーを出力するであろう。これらのモードは大きい損失を受け、そしてこの場合にも、最終的な影響として、カブラ出力にパワーが失われ、そして過剰損失が増大することになる。典型的には、これらの非断熱的モード結合効果は波長に依存するものであり、そして過剰損失は波長の関数として変化する。

【0005】先行技術および/または本発明の特徴を特徴づけるために下記の記号が用いられる。 $\Delta_{1-2}$ は $(n_1^2 - n_2^2)/2n_1^2$ として定義される。ただし、 $n_1$ および $n_2$ はそれぞれファイバコアおよびクラッドの屈折率である。 $\beta_{cr}$ はカブラの結合領域中のカブラファイバにおける基本モードの伝播定数を意味するものとして用いられている。 $\Delta_{p,cl,cl,cl}$ は $(n_1^2 - n_2^2)/n_1^2$ に等しい。ただし、 $n_1$ はファイバのコアのすぐ外側の部分の屈折率である(図2の屈折率ディップ10および図8の屈折率ベダスタル27を参照されたい)。

【0006】図に示された屈折率プロファイルでは、屈折率および半径を一定の比例に応じておよび/または正確な相対的大きさで表わすことはなされていない。

【0007】信号(波長 $\lambda_s$ )とポンプパワー(波長 $\lambda_p$ )をファイバ増幅器の利得ファイバに結合させるために用いられる特定のタイプの波長分割多重(WDM)カブラ(この明細書ではタイプAのカブラを呼ぶ)で顕著な非断熱モード結合が観察された。このようなカブラの1つが米国特許第5179603号に開示されており、それはWDMとモードフィールドの両方のコンバータとして機能する。第1のカブラファイバは標準の通信用ファイバ( $\Delta_{cl}^{(1)}=0.36\%$ 、 $d_{cl}^{(1)}=8.3\mu\text{m}$ 、モードフィールド直径 $=10.5\mu\text{m}$ (1550nm)および $5.7\mu\text{m}$ (1000nm))に整合したコアを有している。第2のカブラファイバは、大きいコア・クラッド $\Delta_{1-2}$ (約1%)、 $3.5\mu\text{m}$ の $d_{cl}^{(2)}$ 、およびエルビウムをドープした利得ファイバに実質的に整合するのに十分なだけ小さい(1550nmにおいて $6.4\mu\text{m}$ そして1000nmにおいて $3.7\mu\text{m}$ )モードフィールド直径を有する。 $\Delta_{cl}^{(1)}$ はファイバの等価ステップインデックス・デルタであり、 $d_{cl}^{(1)}$ は等価ステップインデックス・コア直径である。これら2本のカブラファイバは、第2のファイバのクラッドが第1のファイバのクラッドにおける塩素の量より多い量の塩素を与えられており、それによって第2のファイバのクラッドの屈折率が第1のファイバのクラッドの屈折率より大きいことを除き、実質的に異なる値の $\beta_{cr}$ を有していたであろう。カブラファイバクラッド間の屈折率の不等性のために、それらの $\beta_{cr}$ 値は波長 $\lambda_s$ の光パワーの95%以上が第1および第2のカブラファイバ間で結合するのに十分なだけ整合するようになされる。第2のファイバが作成される態様によって、その塩素プロファイル(理想化

された)は図1に示されているようになり、そしてその全体の屈折率プロファイル(理想化された)は図2に示されているようになる。これらのカブラファイバの屈折率プロファイルは塩素とゲルマニアの両方のドーピングによって決定されるものであり、小さい半径( $<2\mu\text{m}$ )における大きいゲルマニアドーピングレベルが図2に示されている内側の屈折率ピークを形成することがわかる。2つの塩素レベル間の遷移の半径が $r_1$ 、コア半径が $r_c$ であり、そして $r_o$ はファイバの外側半径である。

【0008】標準の通信用ファイバの屈折率プロファイル(理想化された)が図3に示されている。

【0009】この損失機構は、図1および2によって特徴づけられるタイプの2本の同一の小さいモードフィールド直径ファイバでもって作成されたWDMカブラ(ここではタイプBのカブラと呼ばれる)でより大きくなることが観察された。図4はタイプAおよびBのカブラの場合の過剰損失と波長の関係を示す。両方の場合において、波長に対する損失の変化は可能な非断熱損失機構を示している。

【0010】図5の曲線20によって表わされた塩素ドーピング・プロファイルを有する小さいモードフィールド直径のファイバでもって作成されたタイプAのカブラは、図5の曲線21によって表わされているような塩素ドーピング・プロファイルを有する小さいモードフィールド直径のファイバでもって作成されたものよりも0.3dBだけ大きい過剰損失を有することが認められた。クラッド塩素レベルを除き、これらの小モードフィールド直径ファイバは他のすべての点で実質的に同一である。このようにして、塩素プロファイルにおけるより大きいディップがより大きいカブラ過剰損失の原因となることが明らかとなった。

【0011】

【本発明が解決しようとする課題】したがって、本発明の1つの目的は低いレベルの過剰損失を呈示するファイバオプティックカブラを提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】簡単に述べると、本発明は、それぞれが双円錐状テーパ部分を有する複数のシングルモード光ファイバよりなるファイバオプティックカブラに関する。これらのファイバのテーパ部分は連続した関係で延長して結合領域を形成する。これらのファイバのそれぞれはコアと、このコアより低い屈折率を有してコアを包囲したクラッドを有する。これらのファイバのうちの少なくとも1本がそのコアとクラッドの間に屈折率 $n_1$ の屈折率ベダスタルを有しており、この場合、 $n_1 > n_2$ であり、かつ $n_1$ および $n_2$ はそれぞれ前記少なくとも1本のファイバのコアおよびクラッドの屈折率である。

【0013】

【実施例】この明細書では、それぞれ2本の同一の高 $\Delta$

5

1-2 低モードフィールド直径ファイバで作成されたタイプBのカブラを含む実験の結果について論述する。カブラはそれらのクラッドの内部部分 (10  $\mu\text{m}$ 以下の半径における) に含まれる塩素の量が異なっていた。

【0014】カブラファイバは米国特許第5295211号に開示された方法で作成された。コア領域とクラッドガラスの薄い層よりなる多孔質のコアプリフォームが円柱状のマンドレル上に形成された。そのマンドレルが除去され、そしてその結果得られた管状のプリフォームがコンソリデーション炉マッフル内に徐々に挿入される。この場合、高シリカ含有ガラスでは、その炉マッフルの最高温度は1200℃と1700℃の間であり、好ましくは約1490℃である。乾燥を行うためのプリフォーム・コンソリデーション工程時に通常存在する塩素は、ヘリウムと塩素よりなる乾燥ガスをプリフォームの孔に流入させることによってプリフォームに供給される。プリフォームの微細孔を通じてガスを流動させるためにプリフォームの孔の一端部が栓をされた。マッフルには同時にヘリウム・フラッシング・ガスが流される。

【0015】このようにして得られた管状のガラス物品は、その孔に真空を印加された状態で、標準的な延伸用炉内で加熱されて延伸され、その孔が閉塞された「コア・ロッド」となされた。このロッドの適当な長さの部分が旋盤に装着され、そのロッド上にシリカの粒子が沈積される。このようにして得られた最終的な多孔質プリフォームがコンソリデーション炉に挿入され、そこで、ヘリウムと塩素の混合物が炉内を上方に流動されている状態で、そのプリフォームがコンソリデート (consolidate) される。このようにして得られたガラスプリフォームが延伸されてシングルモード光ファイバが形成される。最初に形成されたコア・プリフォームに添着されたクラッドガラスの量が塩素ペDESTALまたはディップの半径を決定する。第1および第2の乾燥/コンソリデーション工程においてプリフォームの多孔質の部分が受ける塩素の量が $\Delta_{p, d, s, i, 1}$ の値を決定する。このようにして得られたファイバでは、ゲルマニアをドープされたコアの半径はほぼ2  $\mu\text{m}$ であり、かつコア・クラッド $\Delta_{1-2}$ は約1.0%であった。

【0016】米国特許第5011251号および第5295211号に従ってカブラが作成された。1本のファイバの中間部分からおよび他の1本のファイバの端部から保護被覆が除去された。これら2本のファイバがガラスチューブの穴に挿入され、それらのファイバの裸にされた部分がチューブの中間領域を通して延長するようになされる。チューブの穴が脱気され、そしてチューブの中間領域をファイバに対してコラプスさせるために加熱される。チューブが再度加熱され、そしてコラプスされた中間領域の中央部分が延伸されてカブラが形成された。

【0017】このようにして得られたカブラが図6に概

6

略的に示されているが、このカブラでは、光ファイバF<sub>1</sub>およびF<sub>2</sub>がガラスオーバークラッドチューブO内を延長している。そのチューブから延長したファイバの部分は保護被覆材料を有していることが好ましい (この図示された実施例には示されていない)。少なくともチューブの中間領域内のファイバの部分は被覆を有していない。チューブの最初の直径は $d_1$ である。延伸された中間領域の中央部分は直径 $d_2$ のネックダウン領域Nを構成して、このネックダウン領域では、ファイバコアはそれらの間に所望の結合を生じさせるのに十分なだけ長い距離zにわたって十分に近接して離間されている。領域Nは、そのには若干のテーパが存在していて、その領域Nの長手方向の中心部の直径が最小となるようになされているのであるが、図では一定の直径を有するもののように図示されている。延伸比Rは $d_1/d_2$ に等しい。テーパした領域Tがネックダウン領域をチューブOの延伸されていない端部領域に連結する。

【0018】異なる塩素プロファイル・ディップを有する小モードフィールド直径ファイバを用いたWDMカブラについて分析した結果、塩素プロファイル・ディップが大きいほど、過剰損失の大きいカブラが得られることが明らかとなった。このメカニズムをさらに確認するために、4本の異なる小モードフィールド直径ファイバでもってBタイプのWDMカブラが作成された。各カブラは、上述した方法で作成された2本の同一の小モードフィールド直径ファイバで作成された。これらのカブラのそれぞれは、異なる塩素濃度を有しており、約10  $\mu\text{m}$ までの半径のファイバを使用した。約10  $\mu\text{m}$ 以上の半径では、塩素濃度は実質的に同一であった。約10  $\mu\text{m}$ までの半径では、各タイプのファイバは外側の塩素レベル (ディップ) より低い塩素レベルまたは外側の塩素レベルより高い塩素レベルを有していた。塩素レベルの大きいディップを有するファイバ (図5の曲線20で示されているような) と、図5の曲線22で示されているもののようなペDESTALを有するファイバとが含まれていた。図7には、1200~1600nmの波長範囲における最大過剰損失が、小さい半径 (約10  $\mu\text{m}$ ) における塩素レベルのディップの大きさの関数として示されている。ディップの負の値はペDESTALに相当する。そのデータはディップが小さいと損失がそれだけ小さくなり、ペDESTALでは損失がそれよりさらに良くなる明らかな傾向を示している。したがって、本発明の1つの特徴は、コアとクラッドの間にペDESTALを有する光ファイバをファイバオプティックカブラに使用することである。図8に示されているように、ペDESTAL27はコア26の最大屈折率 $n_1$ とクラッド28の屈折率 $n_2$ の中間の値である最大屈折率 $n_i$ を有している。簡単のために、コア26とペDESTAL27はファイバの一定屈折率領域であるとして示されている。あるいは、コア26とペDESTAL27はグラジエントプロファイル、複数のステップよりなるプロファイ

ル等のような変化する屈折率プロファイルを有していてもよい。

【0019】本発明の最適設計の幾つかの曲面を決定するために数値モデル化がなされた。使用されたモデル化ツールが米国特許第4877300号に記載されているようなものであり、その特許では、種々の幾何学形状（テーパに沿った寸法の変化）についてLP<sub>01</sub>およびLP<sub>11</sub>伝播定数差が計算されている。

【0020】図9はΔ<sub>pedestal</sub>の種々の値におけるδβ\*

表 1

曲線	プロファイル
36	0.16% ΔpedベDESTAL
35	0.08% ΔpedベDESTAL
34	0.04% ΔpedベDESTAL
33	0.02% ΔpedベDESTAL
32	フラット (ベDESTALもディップもない)
31	0.02% Δpedディップ

【0022】塩素濃度差間の概略的な関係およびそれらの差によって生ずる屈折率Δは Δ=C1差(重量%)/10 である。さらに、曲線31~33は図7に示されているように、実験的に測定された塩素差のスパンを概略的に表わしている。

【0023】図10は0.03%のΔ<sub>pedestal</sub>値の場合におけるベDESTAL半径にともなうδβの変化を示している。図10の曲線は表2に示されたベDESTAL半径に対応する。20~25μmの半径は最大効率のための最適値である。Δ<sub>pedestal</sub>の他の値の場合にもベDESTAL半径の同様の値が得られた。

【0024】表 2

曲線	ベDESTAL (ディップ) 半径
41	10μm
42	20μm
43	30μm
44	40μm

【0025】上記のΔ<sub>pedestal</sub>およびベDESTAL半径の最適値はモードフィールド直径やカットオフ波長のよう な要因を考慮しないで得られた。しかし、ファイバの屈折率プロファイルにベDESTALが存在することにより、ベDESTALが存在しない場合にファイバが呈示するものとは異なるモードフィールド直径およびカットオフ波長となる。

【0026】これらの他のファイバ特性は、例えば、第1のカプラファイバが標準の通信用ファイバと整合されたタイプAのファイバ・エルビウム増幅器WDMカプラを設計する際に重要となるであろう。第2のカプラファイバの第1の端部がポンプ光源に接続されかつ980nmの波長の光を伝播させなければならないとし、そして第2のファイバの第2の端部が利得ファイバに接続されとしよう。第2のカプラファイバは、そのカットオフ

\*の理論的变化を示している。δβは最低のLP<sub>01</sub>モードと次に高いLP<sub>11</sub>モードの伝播定数間の差を表わしており、(β<sub>LP01</sub> - β<sub>LP11</sub>)に等しい。δβの最小値が大きければ、過剰損失性能がそれだけ良くなる。図9はΔ<sub>pedestal</sub>の値が大きくなれば、それだけ大きな過剰損失改善が得られることを示している。図9の曲線は表1に示された屈折率プロファイル(ベDESTALまたはディップ)に対応している。

【0021】

波長がある特定の波長、例えば98nm以下とならないように設計されなければならない。さらに、該当するファイバのモードフィールド直径が実質的に利得ファイバのそれと整合しなければならない。

【0027】したがって、損失に対する最適パラメータを検討することに加えて、カットオフ波長およびモードフィールド直径による制限も考慮された。

【0028】第2のカプラファイバの場合のモードフィールド直径限界(ライン50)およびカットオフ波長限界(ライン51)に関して得られた限界の要約が図11に示されており、この図にはこれらの限界の両方が示されている。ファイバのベDESTAL特性は斜線の領域内に入らなければならない。塩素ドーピングを行なった場合に得られるベDESTAL値は約0.02%までであり(ライン52)、約10μmのベDESTAL半径に相当する。しかし、塩素ドーピングでもって0.01%より小さいΔ<sub>pedestal</sub>の値を正確に発生することは困難である。δβ値についての結果がここでの対抗する傾向を与える。大きいΔ<sub>pedestal</sub>の値の方がより効果的であり、最適結果を斜線領域の左上方部分に押しやるが、先に得られた最適半径はその領域の右側端部の方への値を示すであろう。事実、図12に示されているように、Δ<sub>pedestal</sub>が大きく、半径が小さい端部の方が損失の観点から性能的に良好である。

【0029】ここで見られた変化からの過剰損失の相対的な改善は正確には定量化することはできないが、上述したBタイプのカプラについての実験(図7)で見られた過剰損失の改善は、δβの約0.0004μm<sup>-1</sup>の増加の結果であり、図12に示された変化に類似している。

【0030】0.02%以下のΔ<sub>pedestal</sub>値では塩素が好ましいドーパントである。なぜなら、塩素は多孔質のコアプリフォームを乾燥するためのコンソリデーション時に存在しない。その濃度はベDESTALを形成するために外側

クラッドのコンソリデーション時に用いられるものよりも大きいレベルまで増加されるにすぎない。しかし、約0.02%より大きい $\Delta n_{pedestal}$ 値を得るためには、他のドーピング技術を用いなければならない。

【0031】屈折率プロファイルにベDESTAL 27 (図8)を有するファイバを作成するためには塩素以外のドーパントを用いることができる。コア26を形成するために用いられるドーパントはベDESTALを形成するためにも用いられ得る。光ファイバのコアのためのドーパントとして一般に用いられるゲルマニアは、コア26およびベDESTAL 27の両方を形成するために用いられ得る。さらに、コアおよび/またはベDESTAL 27を形成するために用いられ得る他の多くの屈折率増加ドーパントが存在する。ベDESTAL 27はシリカで形成されてもよく、クラッド28はフッ素またはホウ素のような屈折率増加ドーパントをドーパしたシリカで形成される。

【0032】本明細書では、すべてのファイバが屈折率ベDESTALを有するカブラおよびファイバが同一の屈折率ベDESTALを有するカブラについて述べた。本発明は1本以上のカブラファイバが屈折率ベDESTALを有し、すべてのベDESTALが同一であるわけではないカブラに対しても適用できる。

【0033】

【発明の効果】以上の説明から理解されるように、本発明によれば、ファイバオプティックカブラの過剰損失を低いレベルに抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】公知のWDMカブラファイバの塩素プロファイルのグラフである。

【図2】公知のWDMカブラファイバの屈折率プロファイルである。

【図3】標準の通信用ファイバの屈折率プロファイルで

ある。

【図4】2つの異なるカブラのスペクトル過剰損失曲線を示している。

【図5】3本の異なるカブラファイバの塩素プロファイルを示している。

【図6】オーバークラッドファイバオプティックカブラの断面図である。

【図7】異なる値の塩素ディップまたはベDESTALを有するカブラの最大過剰損失(1200nmから1600nmまでの)のグラフである。

【図8】本発明に従って設計されたカブラファイバの屈折率プロファイルである。

【図9】 $\delta\beta$ の理論的変化が延伸比の関数としてプロットされたグラフであり、パラメータは $\Delta n_{pedestal}$ である。

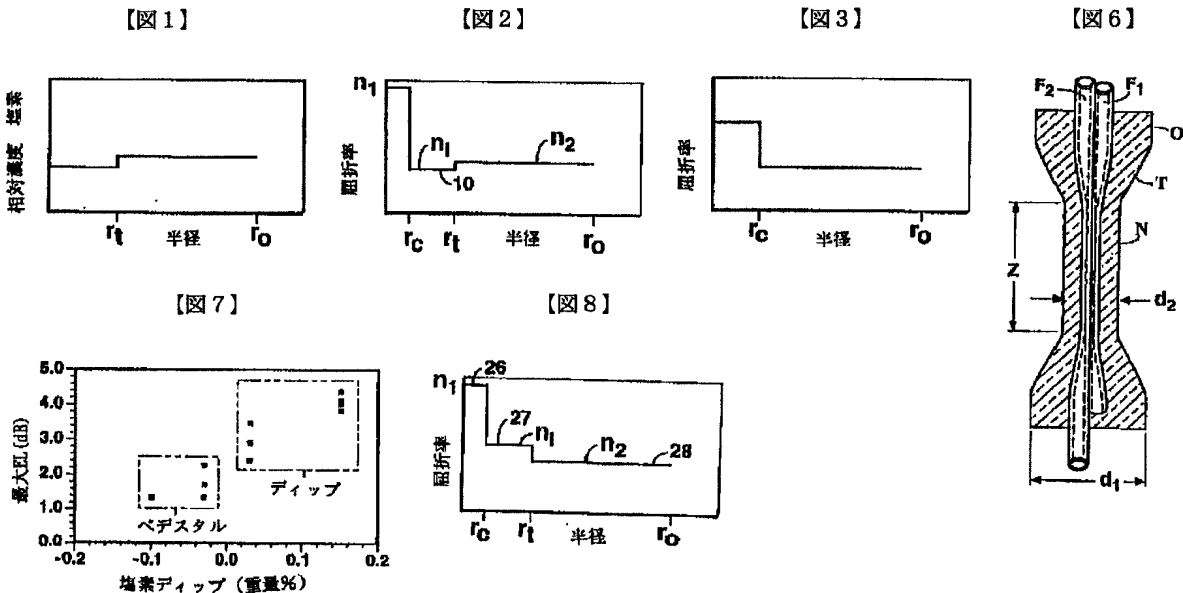
【図10】 $\delta\beta$ の理論的変化が延伸比の関数としてプロットされたグラフであり、パラメータはベDESTAL半径である。

【図11】 $\Delta n_{pedestal}$ の理論的変化がベDESTAL半径の関数としてプロットされたグラフであり、モードフィールド直径およびカットオフリミットが示されている。

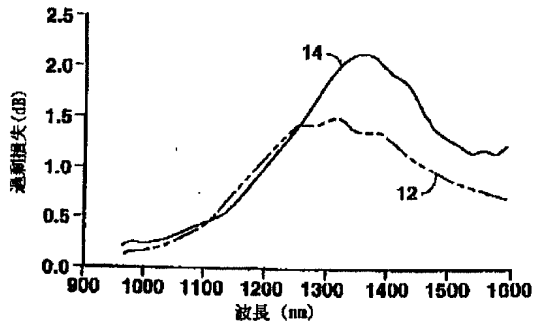
【図12】最小 $\Delta\beta$ の理論的変化が、カットオフ限界によって決定される所定の値の $a_{pedestal}$ に対する $\Delta n_{pedestal}$ の最大値である $\Delta n_{pedestal} = (0.115 \mu m) / a_{pedestal}^2$ によって決定される $\Delta n_{pedestal}$ 値に対するベDESTAL半径 $a_{pedestal}$ の関数としてプロットされたグラフである。

【符号の説明】

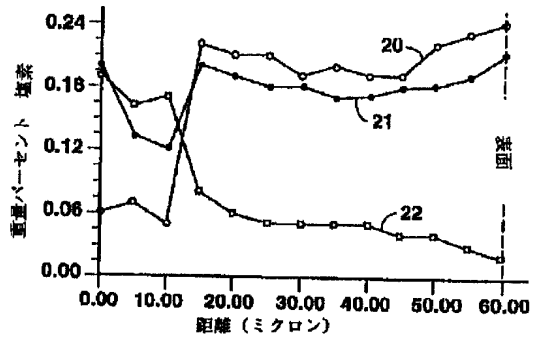
- 26 コア
- 27 ベDESTAL
- 28 クラッド



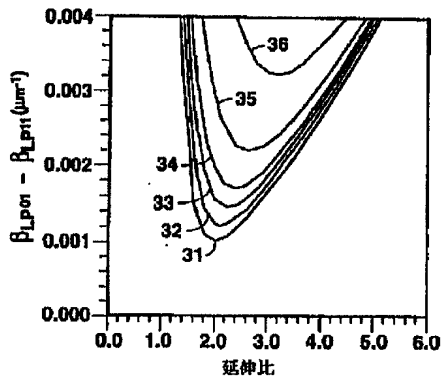
【図4】



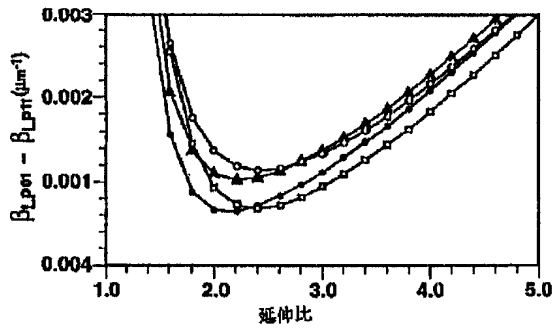
【図5】



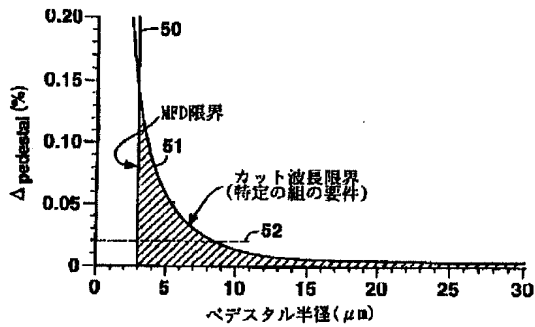
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

